

大気圧マイクロプラズマジェットによる DLC 薄膜の局所合成

Local synthesis of DLC thin films by atmospheric pressure μ plasma jet.

鶴岡高専 専攻科 電気電子・情報コース、[○]西村 涼汰、吉木 宏之

National Institute of Technology, Tsuruoka College, [○]Ryota Nishimura, Hiroyuki Yoshiki

E-mail: yoshiki@tsuruoka-nct.ac.jp

1. はじめに

大気開放でのプラズマ処理は真空装置が不要で、コスト削減や連続処理の観点から近年有力視されている。¹⁾パッシュェンの法則では、圧力とプラズマ特性長との積 pd が $10^3 \sim 10^4$ Pa \cdot mm 程度の値で放電開始電圧が最小となり、微小空間では大気圧下でも容易にプラズマ生成が可能となる。

本研究では高硬度、高耐摩耗、低摩擦係数の DLC 薄膜の大気圧合成を試みる。DLC 成膜は 10 Pa 以下の減圧下のイオンプロセスが主流であり、大気圧合成は成膜プロセスの汎用化に寄与する。

筆者は、注射針電極に He/CH₄ の混合ガスを導入し、RF 電力を印加して得られる大気圧マイクロプラズマジェット (AP μ PJ) を Si 基板に照射し、膜厚約 0.6 μ m、硬度約 11 GPa を得た。さらに水素添加や成膜温度上昇により、硬度約 17 GPa 以上が得られることを報告した。²⁾ 本研究では He/CH₄/H₂ 比率や成膜温度が膜の構造・組成や機械的特性にどのような影響を及ぼすかを FT-IR、ラマン分光分析等から明らかにする。

2. 実験装置および結果

本研究で用いた実験装置の構成を Fig.1 に示す。 ϕ 0.9 \times 30mm の注射針を石英管 (外径/内径: 2.7mm/1.0mm) で覆い、He/CH₄/H₂ 混合ガスを注射針に導入し、RF 電力 (13.56 MHz、20W、V_{pp}: 約 1kV) を印加し AP μ PJ を生成する。照射距離 1mm、基板の移動速度を 2.2 mm/sec として Si 基板上に線状成膜を行う。得られた膜はラマン分光分析、FT-IR、薄膜硬度計などで膜構造を評価した。

ガス中の H₂ 比率を変化させた場合のラマンスペクトルの G ピークのシフトと D バンドと G バンドの強度比: $R = I(D)/I(G)$ を Fig.2 に示す。H₂ 比率の増加に伴い、G ピーク位置と R 値は減少した。これは膜中で C-C 結合の割合が増加したことによる振動モードの変化と、膜構造の乱れの減少に起因すると考えられる。Ferrari 他³⁾の論文から、得られた膜は 10% から 20% の炭化水素の sp³ 結合を含む a:C-H であることがわかった。³⁾

Fig.3 に膜の典型的な FT-IR スペクトルを示す。図において (1) は sp³-CH₃ 結合、(2) と (3) は sp³-CH₂ 結合からのピークに対応する。これから、成膜温度の上昇により膜中の sp³ 結合の割合が増加していることがわかる。H₂ 比率 29.6%、成膜温度 300°C で膜硬度約 16GPa、膜厚 400-500 nm、表面は滑らかで基板との密着性も良好であった。

3. おわりに

AP μ PJ を用いた PE-CVD 法で Si 基板上への DLC の局所成膜を試みた。基板温度や H₂ 添加量を変化させることにより膜硬度約 16 GPa、膜厚 400-500 nm の滑らかな膜を得た。

1) D. Liu *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. 39 (2000), pp.3350-3360.

2) 吉木宏之 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 予稿集 DVD 07-162 (2017).

3) A.C.Ferrari, J.Robertson: Physical Review B, Vol. 61 (2000), pp.140095-14107.

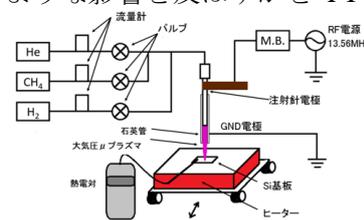


Fig.1 Experimental apparatus.

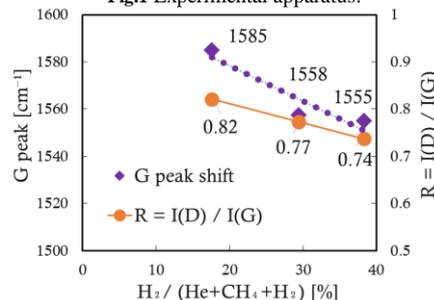


Fig.2 G-peak and I(D)/I(G) of Raman spectra with H₂ ratio changing.

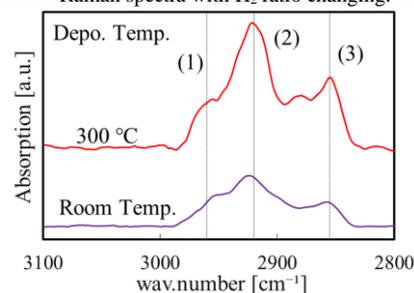


Fig.3 FT-IR spectra with deposition temperature changing.